

## 南京市降水酸度的分析

缪启龙 牛玉琴 唐名嵩 丁有本 宗光华\*

### 提 要

本文用南京市1983—1985年3年10个环境监测站的降水酸度资料,分析了南京市降水酸度的时空分布特征。南京市降水酸度的pH值平均为5.09, pH值 $<5.60$ 的酸雨频率百分数为42%。降水酸性正逐步增强,且城区重于郊区,郊区重于郊县。并指出:南京降水酸度与南京大气污染有一定的相关关系。

酸雨是一个严重的环境问题,已引起国内外广泛的关注。尽管人们对酸雨的发生和影响的认识还存在着分歧,但都认为较强的酸雨对湖泊、河流、森林、农作物、建筑物等明显有害。

酸雨通常以降水的pH值 $<5.60$ 为界限。近几年,我国在酸雨的研究方面已做了大量的工作,发现我国的降水酸度南方重于北方,尤其是四川盆地、云贵高原等西南地区较为严重<sup>[1]</sup>。

莫天麟等<sup>[2]</sup>根据南京大学气象观测场1979年11月至1980年7月的降水酸度资料,分析了南京单站的降水酸度,指出该观测期间降水酸度平均为5.62,降水pH值变化于4.10~7.93之间。限于资料,他未能对南京市的降水酸度进行分析。本文根据南京城区、郊区和六合县共10个环境监测站的1983—1985年3年共1579个降水pH值资料,对整个南京市降水酸度特征作一分析。

### 一、南京市降水pH值的分布

南京市10个监测站的降水pH值平均状况见表1。三年降水pH值全市平均为5.09, pH值 $<5.60$ 的降水发生频率平均为42%,降水pH的最低值为3.60,城区降水pH值三年平均为5.00,郊区为5.26,郊县为5.37,可见南京降水酸性明显,且酸性城区重于郊区,郊区重于郊县。

1983年12月29日收到,1987年4月9日收到修改稿

\*牛玉琴、丁有本、宗光华在浦口区环保局工作,牛玉琴为我院1968届毕业生,唐名嵩在南京市环保局工作,为我院1967届毕业生

表1 南京1983—1985年降水 pH 值及 pH 值 &lt; 5.6 的频率的分布

项目	区域	秦淮	白下	建邺	下关	玄武	鼓楼	雨花	浦口	栖霞	六合	南京
83年	pH	5.45	4.86	5.11	5.28	5.23	5.45	4.96	5.68	5.78	5.67	5.21
	频率 (%)	66	53	49	22	45	29	54	19	17	17	39
84年	pH	4.91	5.05	4.98	5.13	5.74	6.16	4.89	5.32	5.50	5.67	5.20
	频率 (%)	60	45	54	47	22	11	76	24	25	13	39
85年	pH	4.47	4.65	4.93	4.60	5.30	5.84	4.84	5.10	5.89	5.04	4.94
	频率 (%)	82	74	67	54	21	5	46	41	16	28	47
三年	pH	4.67	4.83	5.00	4.94	5.35	5.67	4.90	5.24	5.67	5.37	5.09
	频率 (%)	71	56	58	40	28	16	59	31	20	19	42
年	pH <sub>min</sub>	3.60	4.20	4.02	4.10	4.20	4.40	4.00	4.22	4.62	3.63	3.60
		85.2	3个月	84.9	85.10	85.10	83.5	83.10	85.10		85.10	秦淮
三年		城 区					郊 区			郊县		
	pH	5.00					5.26			5.37		5.09
年	频率 (%)	48					36			19		42

与国内外一些地区相比(表2),南京市降水酸性较重庆、贵阳、杭州、青岛等地为轻,较石家庄、西安、天津、福州等地为重<sup>[1][3]</sup>。较美、日等国一些地方降水酸性为轻,但与接近自然状况的黄山的降水 pH 值 6.84 相比已相差甚多<sup>[1][3][4]</sup>。表2中南京降水 pH 最小值为 3.60,这与国内外一些降水酸性较强的城市接近,这样的酸性降水会严重影响生物生长,腐蚀建筑物,有害人的身体健康和农作物及森林的生长,应当引起我们的重视。

图1是南京市降水 pH 值的三年平均值和酸性降水频率的分布图。可见,降水 pH 值平均小于 5.00 的低值区在秦淮、白下、建邺、雨花等旧城区,这可能是由于旧城区民房低矮、密集而杂乱,人口集中,绝大多数居民以烧煤作热源,加之街道小工厂环境保护的设施差,烟囱低,燃烧排放的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 等不易扩散,聚集于大气边界层底部,再加南京地区多偏北风,它把城北、城东北的大气污染物都聚集于此。另外下关区有南京最大的火力发电厂,每天烧上万吨煤,致使这里的降水 pH 值也小于 5.00。而鼓楼区工厂少,栖霞虽新建了不少新的大型企业,但环境保护设施较为齐全,建筑物也较为规则、整齐、疏松,致使这两个区的降水酸性不大明显,三年的降水 pH 值平均稍大于 5.60。

由图1、表1可知,南京市降水 pH 值 < 5.60 的频率百分数以旧城区的秦淮区为最

表 2 南京与国内外一些城市降水 pH 值的比较

地 点	重 庆	贵 阳	青 岛	西 安	石 家 庄	杭 州	天 津
统 计 时 间	(1982年)	(1982年)	(1982.4-1983.8)	(1981.8-1984.7)	(1980-1981)	(1981-1983)	(1983年)
$\bar{pH}$	4.1	4.1	5.07	5.05	6.20	4.68	5.29
$pH_{min}$	3.0	3.27	3.50	3.96	4.20		3.54
<5.6的频率(%)	95	89	87	35	12		9

地 点	福 州	南 京	黄 山	(日) 神 户	(日) 广 岛	(美) 新罕布什尔州	(美) 纽约州
统 计 时 间	(1982-1984)	(1983-1985)	(1980.9-1980.12)	(1982.9-1982.11)	(1982.9-1982.11)	(1970-1971)	(1970-1971)
$\bar{pH}$	5.27	5.09	6.84	4.60	4.60	4.03	3.98
$pH_{min}$		3.60				3.8	3.0
<5.6的频率(%)		42					

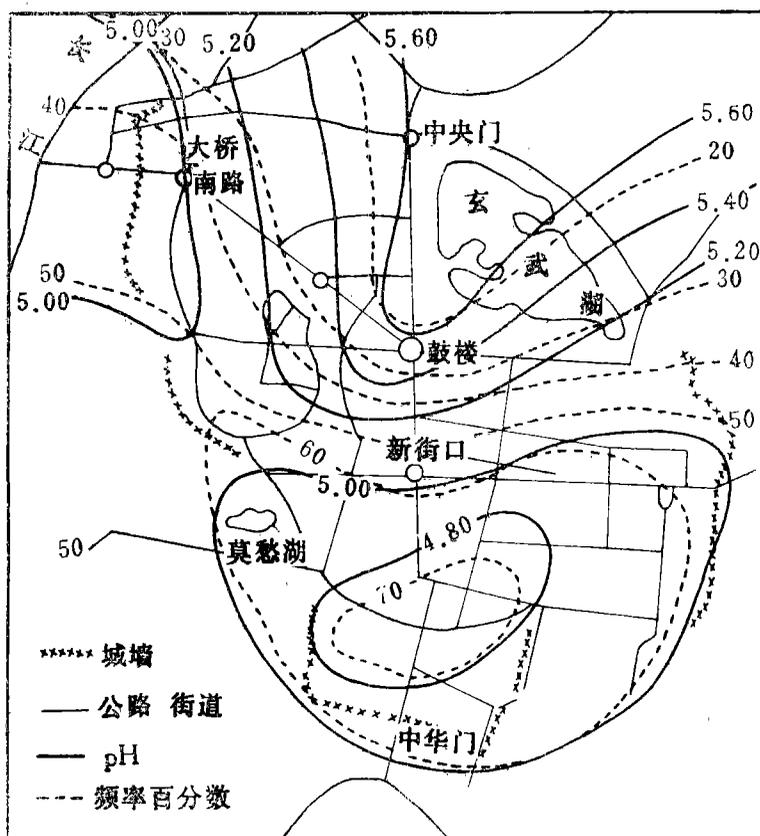


图 1 南京市降水 pH 值的 3 年平均值及酸性降水频率分布

高,达71%,而其周围的白下区为56%,雨花为59%,建邺为58%,都是相对较多的酸性降水发生区。而鼓楼、栖霞、六合等地则仅为16—20%,仅为旧城区的1/3。

南京各季降水 pH 值分布基本一致(图略),只是冬季降水 pH 值明显呈南低北高分布,其它各季与年平均值的分布情况基本相似,城东北为 pH 值的高值区,城南旧城区为降水 pH 值的低值区,下关为又一个低值区。这表明南京旧城区的降水酸性和酸性降水的频率百分数在一年四季都是较明显的。

## 二、南京降水 pH 值的年变化

南京市降水酸度的年变化,在降水酸性较强的秦淮、雨花、白下等区年变化较小,变化于4.45~5.20之间,一年四季均有较明显的酸性降水。其中秦淮、白下秋季降水 pH 值最低,雨花秋冬相近,冬季最低。这可能与秋、冬季天气稳定少变,近地层出现逆温机会多,低层污染物不易扩散有关。夏季降水 pH 值相对较高,这可能由于夏季降水频繁,降水量大,对大气的清洗稀释作用明显。且夏季低层大气对流强,污染物易于扩散。鼓楼、栖霞除春季降水 pH 值稍小于5.60外,其它各季均大于5.60,明显呈非酸性降水。

由表1资料还表明,南京市的降水 pH 值正逐年减小。南京全市降水 pH 的年平均1983年为5.21,1984年为5.20,1985年为4.94。这种降水的逐年酸化现象正引起人们关注。

## 三、降水酸度与大气污染的相关分析

降水酸度的影响因素很多,人们至今还没有完全弄清影响它的物理、化学机理。概括起来主要有两方面:一是大气中气溶胶的影响,它既是云素的凝结核,又会在降水过程中被冲刷而与雨水发生化学反应。另一方面大气中一些气体,如 $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$ 等溶于雨水而影响雨水酸度。

国内外大量的研究表明,雨水酸度 pH 值大小与大气中的气溶胶、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 等的含量多少有关。但又不一定有明显的相关关系。如 $\text{SO}_2$ 污染较重的云贵高原有强酸雨,但 $\text{SO}_2$ 污染也较重的北京酸雨又不明显,而 $\text{SO}_2$ 污染较轻的杭州、广州等地则又多酸雨。如美国东北部、瑞典南部,大气中 $\text{SO}_2$ 污染和雨水中的 $\text{SO}_4^{2-}$ 都比我国许多城市要低,但它们是世界上著名的强酸雨区。

近年来有人认为<sup>[5]</sup>,酸雨是否形成,决定于雨水中酸和碱的相对含量,如碱性沉降少了,雨水则变为酸性。

从上述分析可知,南京各个区之间平均降水 pH 值有较大差异,表明降水酸度分布有很强的局地性,这与赵殿伍认为我国酸雨主要是由局地源造成的看法相一致<sup>[3]</sup>。我们认为雨水冲洗溶解近地层的气溶胶、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 等对降水酸性的局地性具有重要意义。南京 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 浓度较高的旧城区基本上是降水 pH 值的低值区, $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 较低的鼓楼、栖霞等区则降水 pH 值一般较高。而飘尘浓度与降水 pH 值没有明显的对应关系,

但飘尘浓度相对较大的地区大体上降水 pH 值相对为低(图略)。

上述事实表明大气污染物对降水酸度的影响是复杂的。分析实际大气污染的某一成分对降水酸度的影响所作出的具体贡献还有困难。我们试图用大气污染的综合指标——大气污染综合指数 P 来分析, 即

$$P = \sum_{i=1}^4 P_i = \sum_{i=1}^4 C_i/S_i$$

式中  $C_i$  为污染物  $i$  的平均值;  $S_i$  为污染物  $i$  的大气质量评价标准;  $i$  为污染物品类,  $i = 1, 2, 3, 4$  分别为  $SO_2$ 、 $NO_x$ 、飘尘、降尘。南京市城区各季的大气污染 P 值与降水 pH 值存在着相关系数为  $-0.63$  的相关关系。

近地层大气污染主要是由于燃烧矿物燃料所造成。南京市各区降水 pH 值、酸雨频率百分数与燃煤密度的相关系数分别为  $-0.53$  和  $0.76$ 。由此可认为燃煤造成近地层空气的污染是南京城区酸雨形成的重要原因之一。

由上述相关可拟合出计算南京城区降水 pH 值的回归方程

$$y_a = 5.602 - 0.079 P \quad (1)$$

$$y_b = 5.66 - 0.0001 T \quad (2)$$

式中  $y_a$ 、 $y_b$  分别为由大气污染综合指数 P 和燃煤密度 T 计算的降水 pH 值的回归估计值。由(1)式可根据各城区各季的大气污染指数 P 推算各季的降水 pH 值。由(2)式可根据各区燃煤密度 T 推算各区降水 pH 值的平均值。

计算结果表明, (1)式估计值和实测值绝对误差最大仅为  $0.20$ , 平均为  $0.09$ , 相对误差平均不到  $2\%$ , 最大仅为  $4\%$ 。(2)式估计值和实测值绝对误差平均为  $0.22$ , 相对误差平均为  $4\%$ , 是符合计算精度要求的。由此我们认为(1)式和(2)式的建立其意义在于把降水 pH 值与低层大气污染相联系, 表明降水 pH 有较强的局地性。

#### 四、小 结

由上述分析可有几点认识:

1. 南京市酸性降水也较明显, 频率较大, 降水 pH 值年平均为  $5.09$ , 酸雨频率百分数为  $42\%$ , pH 的极端低值已在  $4.00$  以下, 且降水酸性有逐年增强的趋势。

2. 南京的酸性降水主要发生在旧城区, 旧城区一年四季均呈酸性降水, 酸性强, 酸雨次数多。全市降水酸性秋、冬季大于春、夏季。

3. 南京降水 pH 的时空分布与大气污染、燃煤密度有一定的相关关系。表明酸性降水有明显的局地性。燃煤这一局地污染源是酸雨形成的重要原因之一。

## 参 考 文 献

- [1] 李洪珍、王木林, 我国降水酸度的初步分析, 气象学报, 42卷, 3期, 332—339, 1984.
- [2] 莫天麟、谢国梁, 南京市降水酸度的初步分析, 气象学报, 39卷, 4期, 460—464, 1981.
- [3] 赵殿伍, 从能源和降水化学看我国的酸雨, 酸雨, 1983, 1, 3—9.
- [4] Pena, J.A.等, 降水SO<sub>2</sub>含量及其与地面空气中SO<sub>2</sub>浓度的关系, 酸雨, 1984, 1, 33—35.
- [5] Cowling, E.B., 北美的酸雨形势, 酸雨, 1984, 3, 40—44.
- [6] 若士悦摘译, 日本的酸雨调查及研究, 酸雨, 1985, 3, 39—43.

## ANALYSIS OF NANJING PRECIPITATION ACIDITY

Miao Qilong    Niu Yuqin    Tang Minsong

Ding Youben    Zong Guanhua

### ABSTRACT

The temporal and spatial distribution of precipitation acidity is analyzed based on 1983—1985 data from the ten environmental monitoring stations of Nanjing. The pH of acidity averages 5.09. The frequency of acid rainfall with pH less than 5.60 is 42%. The acidity is increasing gradually, higher in the city proper than in its suburbs, and the lowest in its surrounding counties. Analysis indicates that there is some correlation between Nanjing precipitation acidity and atmospheric pollution.